

DIE GESCHICHTE DES GROSSEN ALETCHGLETSCHERS WÄHREND DER LETZTEN 2500 JAHRE ¹

von Hanspeter Holzhauser ²

RÉSUMÉ

L'histoire du Grand Glacier d'Aletsch durant les 2500 dernières années

Dans le cadre d'une thèse de doctorat, des recherches sur les fluctuations du Grand Glacier d'Aletsch ont été effectuées à l'Institut de Géographie de l'Université de Zurich, sous la direction du Prof. Dr. G. Furrer.

Pour ce travail, nous avons utilisé les méthodes suivantes d'investigation: – l'interprétation des documents historiques (dessins, peintures, gravures, photographies et documents écrits); – des restes archéologiques tels des anciens chemins et des bisses abandonnés qui se trouvent au bord du glacier; – la datation du bois fossile, découvert dans les moraines du glacier, à l'aide de l'analyse ¹⁴C et de la dendrochronologie.

Des troncs et racines fossiles d'arbres cassés par le glacier, qu'on trouve encore en place (*in situ*) permettent des conclusions exactes concernant l'extension du glacier avant sa crue. De cette manière, trois phases dans les 2500 dernières années ont été prouvées, pendant lesquelles le Grand Glacier d'Aletsch a été moins étendu qu'actuellement. De plus, à l'aide des recherches dendrochronologiques, on a pu démontrer des crues du glacier vers 1100, 1300, 1504 et 1588 après J.-C.

Pendant les Temps modernes (dès 1500 après J.-C.), le Grand Glacier d'Aletsch a atteint des extensions maximales vers 1650, 1820 et 1850 après J.-C.

Le dit «petit Age Glaciaire» commence, d'après les résultats obtenus au Grand Glacier d'Aletsch, pendant la deuxième moitié du XIII^e siècle, avant le maximum d'extension du glacier au Moyen Age, vers 1350 après J.-C. Entre 1180 et 1280 après J.-C., ce glacier avait des dimensions qui correspondent à celles d'aujourd'hui. Durant les 650 années suivantes, la surface du glacier ne s'abaissait pas en-dessous de celle de 1935/40.

EINFÜHRUNG

Das Verhalten der Gletscher wird vom Klima beeinflusst. Je nach den vorherrschenden Klimaverhältnissen stossen Gletscher vor oder

¹ Titel der Dissertation: Zur Geschichte der Aletschgletscher und des Fieschergletschers (im Druck).

² Geographisches Institut der Universität Zürich-Irchel, Winterthurerstrasse 190, 8057 Zürich.



Abb. 1. Der Grosse Aletschgletscher von der Belalp aus gesehen im Jahre 1865.
Le Grand Glacier d'Aletsch, vu de Belalp en 1865.
 (Photo: Archiv der Gletscherkommission)



Abb. 2. Vergleichsphoto aus dem Jahre 1980. Am rechten Gletscherufer (links im Bild) ist der ehemalige Eisrand um 1850 in der Nähe des «Tälli» an der anero-
 dierten Ufermoräne gut ersichtlich (Pfeil).
Vue prise du même endroit, en 1980. Sur la rive droite du glacier, (à gauche sur la photo), l'ancienne limite des glaces de 1850 env. est bien visible dans la région de «Tälli» (moraine latérale érodée, indiquée par la flèche).



Abb. 3. Der Grosse Aletschgletscher im Jahre 1849, gezeichnet von H. Hogard. Mit seiner Stirn drückt der Gletscher hohe Tannen um und zerstört auf der linken Talseite (rechts im Bild) den alten Aletschweg.

Le Grand Glacier d'Aletsch en 1849, dessiné par H. Hogard. Le front du glacier renverse de grands épicéas et détruit l'ancien chemin d'Aletsch, sur le versant gauche de la vallée (à droite sur la photo).

(aus: DOLLFUS-AUSSET, 1872).

schmelzen ab. Aus der Erforschung der Gletschergeschichte, das heisst aus der **Rekonstruktion der Gletscherschwankungen** in früheren Zeiten, resultiert deshalb auch eine **Klimageschichte**. Die Kenntnis über frühere Gletschervorstoss- und Rückschmelzphasen, die Klimaveränderungen signalisieren, soll uns ermöglichen – vorausgesetzt, dass Regelmässigkeiten erkannt werden können – das zukünftige Klimageschehen abschätzen zu können.

Gletschervorstösse haben im Gelände Spuren hinterlassen. An den oft hohen Moränenwällen, die den heutigen Gletscher und sein Vorfeld umsäumen, lässt sich beispielsweise die Ausdehnung des letzten Gletscherhochstandes um 1850 ablesen (Abb. 1 und Abb. 2). Damals erreichten die Alpengletscher ihre letzte Maximalausdehnung innerhalb einer rund 300 Jahre dauernden und den grössten Teil der Neuzeit (ab 1500 ³) umfassenden Gletscherhochstandsphase.

³ Wenn keine nähere Bezeichnung steht, handelt es sich um Jahre nach Christi Geburt.

Dieser Zeitraum – mit Gletscherhochständen um 1600/1650 und um 1820/1850 – wird häufig als «Kleine Eiszeit» bezeichnet. Manchem Leser mögen die vielen Abbildungen des Rhonegletschers aus der Zeit um 1850 bekannt sein (vgl. MERCANTON, 1916). Auch der Grosse Aletschgletscher war um diese Zeit sehr ausgedehnt; beispielsweise lag im Jahre 1849 das Gletscherende nicht weit von der heutigen Staumauer des Gibidum-Stausees entfernt (Abb. 3).

Die Ausdehnung der Gletscher um 1850 wird allgemein als Grössenmassstab verwendet, um die Ausmasse postglazialer Gletscherhochstände zu charakterisieren. Während des Postglazials (Nacheiszeit), das um 10 000 Jahre vor heute begann, schwankten die Alpengletscher nurmehr innerhalb gewisser Grenzen. Wie mit Hilfe von Radiokarbondatierungen belegt werden konnte, überschritten sie innerhalb dieser rund 10 000 Jahren die Grössenordnung von 1850 nicht mehr wesentlich. Ältere Moränenwälle, die den 1850er und anderen neuzeitlichen Hochstandsmoränen eng benachbart sind, weisen demzufolge ein Alter auf, das innerhalb des Postglazials liegen muss. Mit dem Begriff «Gletschervorfeld» bezeichnet man das Gelände zwischen dem heutigen Eisrand und den postglazialen Hochstandsmoränen.

Mit zunehmender Entfernung vom aktuellen Gletscherrand gegen die Hochstandsmoräne von 1850 verdichtet sich die Vegetationsdecke: Auf eine erst kürzlich eisfrei gewordene und daher vegetationslose Zone folgt eine Fläche mit krautartigen Pflanzen und Moosen. Niedere Sträucher und einzelne Bäume (vor allem Weiden, Birken und Lärchen) treten erst in grösserer Entfernung vom Gletscher auf. Der Moränenwall von 1850 ist schon relativ dicht bewachsen. Hauptsächlich ist auf ihm die Lärche vertreten, daneben findet man aber auch vereinzelt Fichten und Arven. Das Ausmass des letzten Hochstandes kann an der Grenze Lärchenwald (im Gletschervorfeld) zum Arven-Lärchenwald (Altwald) gut gezeigt werden. Was das Einwandern der Pflanzen ins Vorfeld nach dem Schwinden des Grossen Aletschgletschers betrifft, so sei auf die Arbeiten von LÜDI (1945) und RICHARD (1968, 1975) verwiesen.

Bild- und Schriftquellen

Bei Gletschern mit weit talabwärts reichender Gletscherzunge ist die Wahrscheinlichkeit gross, dass historisches Bildmaterial und schriftliche Aufzeichnungen über frühere Gletscherausdehnungen Aufschluss geben. Je besser zugänglich ein Gletscher war, desto mehr Zeichnungen, Gemälde, Stiche, Photographien und schriftlich festgehaltene Beobachtungen (beispielsweise in Reisebeschreibungen) sind zu erwarten. So kann vom Unteren Grindelwaldgletscher eine praktisch lückenlose Kurve der Zungenlängenänderungen gezeichnet werden, die bis gegen 1600 zurückreicht (ZUMBUEHL, 1980). Auch die Gletscher um den Mont Blanc sind diesbezüglich gut dokumentiert (vgl. LE ROY LADURIE, 1967).

Die genauesten Angaben über Veränderungen von Gletscherlängen verdanken wir der Gletscherkommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft. Mit ersten systematischen Vermessungen der jährlichen Änderungsbeträge wurde 1874 am Rhonegletscher begonnen (MERCATON, 1916). Bald darauf begann man, weitere Gletscher der Schweizer Alpen zu vermessen. Die ersten Messresultate sind in den «Echo des Alpes» (1881, 1882) publiziert, die folgenden Messungen erschienen unter dem Titel «Les variations périodiques des glaciers des Alpes suisses» in den Jahrbüchern des Schweizer Alpen-Clubs (SAC), ab 1925 in der Zeitschrift «Die Alpen» (ebenfalls SAC). Heute umfasst das Beobachtungsnetz 120 Schweizer Alpengletscher.

Äusserst gering ist die Informationsdichte vor 1600. Aus diesem Grunde ist man über das Gletscherverhalten vor 1600 nur äusserst lückenhaft orientiert. Zur Rekonstruktion der Gletschergeschichte müssen hier andere Methoden als das Auswerten von historischen Quellen herangezogen werden.

Geländearchäologische Spuren

Darunter versteht man das Einbeziehen von Spuren anthropogener Tätigkeit im Gelände wie zum Beispiel alte, ehemals begangene Wege, ebenso Wüstungen, die in Verbindung mit der Gletschergeschichte gebracht werden können. Führt beispielsweise ein Weg nur

bei grosser Gletscherausdehnung über das Eis, zwingt ein Gletscherschwund zur Aufgabe des Weges. Umgekehrt kann ein Gletschervorstoss eine Weganlage zerstören, wie das in historischer Zeit bei Pässen vorgekommen ist. Häufig stehen solch aufgegebene Übergänge in Zusammenhang mit Blüemlisalpsagen, die von vergangenen, klimatisch besseren Zeiten berichten (ROETHLISBERGER F., 1976).



Abb. 4. Fossiler Arvenstrunk in situ; linke Ufermoräne des Grossen Aletschgletschers. Die Arve ist während des Vorstosses um 1100 vom Eis überfahren worden. Der Baum lebte von 973-1096 n. Chr.

Un tronc d'arole fossile en place dans la moraine latérale gauche du Grand Glacier d'Aletsch. L'arole a été recouvert par les glaces lors d'une réavancée, vers l'année 1100. L'arbre avait vécu de 973 à 1096 après J.-C.

Im Wallis geben zudem – wie hier am Grossen Aletschgletscher – alte Wasserleitungen oft Aufschluss über frühere Gletscherausdehnungen. Dort, wo Wasser in unmittelbarer Nähe eines Gletschers gefasst wurde, hängt das Bestehen einer Leitung von der Bewegung des Eisstromes ab. Einerseits wird eine solche Fassung bei einem Gletschervorstoss zerstört; andererseits versiegt sie beim Schwinden des Gletschers. Die Leitung muss dann – sofern nicht anderweitig Wasser geschöpft werden kann – aufgegeben werden.

Fossile Bäume aus dem Gletschervorfeld

Während den Vorstössen innerhalb des Postglazials drangen einzelne Gletscher in bewaldetes Gebiet vor und drückten Bäume um (Abb. 3). Seit dem Schwinden des Eises nach dem letzten Gletscherhochstand um 1850 ist in einigen Gletschervorfeldern immer wieder altes, einst vom Eis überfahrenes Holz gefunden worden; man bezeichnet es als fossiles Holz.

Erste Funde fossiler Hölzer im Vorfeld des Grossen Aletschgletschers beschrieb CORREVON im Jahre 1901 (zit. in FOREL, 1902). Mit der Datierung von fossilen Wurzelresten, die noch am Wuchsort gefunden wurden (in situ) ist es dann OESCHGER und ROETHLISBERGER H. (1961) gelungen, einen Vorstoss des Grossen Aletschgletschers um 1200 nachzuweisen.

Mit Hilfe der Radiokarbonmethode (kurz ^{14}C -Methode genannt) und der Dendrochronologie (Analyse der Jahrringbreite und -dichte) können fossile Hölzer datiert und so einzelnen Gletschervorstössen zugeordnet werden. Das Radiokarbonalter wird immer in Jahre vor heute (yBP = years before present) angegeben. Mit «heute» ist das Jahr 1950 gemeint (^{14}C -Methode s. LIBBY, 1952). Das Datum ist mit einem Fehler behaftet, der normalerweise zwischen ± 50 und ± 100 Jahren schwankt (z.B. 1200 ± 75 yBP)⁴.

Bei der Dendrochronologie (s. SCHWEINGRUBER, 1983) vergleicht man Jahrringbreite- und Jahrringdichtekurven (maximale Spätholzdichten) verschiedener Bäume miteinander. Stimmen einzelne Kurven überein, lebten die Bäume in demselben Zeitraum. Können die Jahrringe einer Kurve mit Hilfe einer Jahrringchronologie einzelnen Kalenderjahren zugeordnet werden, besteht die Möglichkeit, fossile Hölzer absolut zu datieren. Das Alter des äussersten Jahrringes (Absterbealter) entspricht dem Zeitpunkt des Gletschervorstosses.

Fossile Hölzer in situ sind für die Rekonstruktion der Gletschergeschichte sehr aufschlussreich (Abb. 4). Die Lage des Eisrandes zur Zeit, als der Baum überfahren wurde, lässt sich äusserst genau feststellen. Aufgrund der Anzahl Jahrringe kann weiter angegeben wer-

⁴ Der Einfachheit halber wurde bei den ^{14}C -Daten hier im Text der Fehler weggelassen. Mit Ausnahme der ^{14}C -Alter um 2500 yBP bei den drei Lärchen von «Ze Bächu» handelt es sich bei allen anderen Daten um Absterbealter, da immer die äussersten Jahrringe datiert wurden.

den, wie lange der Baumstandort mindestens eisfrei war, bevor der Gletscher darüber hinaus vorsties.

Wird dicht vor der heutigen Gletscherzunge ein fossiler Baum in situ gefunden, kann er mit den beiden oben genannten Methoden datiert werden. Vor dem Zeitpunkt des Vorstosses lag die Gletscherzunge weiter talaufwärts und die Gletscheroberfläche tiefer als heute; eine minimale Gletscherausdehnung ist somit bestimmt.

Ist einmal die Ausgangslage und die Endlage der Gletscherzunge während einer Vortossphase bekannt, lässt sich auch der Vorstossbetrag – das Ausmass des Vorstosses – abschätzen.

ERGEBNISSE

Im folgenden sind die Resultate der Untersuchungen am Grossen Aletschgletscher vereinfacht zusammengestellt und in Form einer Kurve graphisch festgehalten (Abb. 11).

Der Zeitraum von 2500-2200 yBP

Bei «Ze Bächu», am rechten Ufer des Grossen Aletschgletschers, wurden drei fossile Lärchen gefunden, eine davon in situ. An einem Baum zählte ich 280 Jahrringe. Die ^{14}C -Datierung ergab, dass der Wachstumsbeginn aller drei Lärchen bei rund 2500 yBP liegt. Der Gletscher wies damals eine Ausdehnung auf, die geringer war als die heutige, denn die Lärche in situ befindet sich nur etwa 50 m vom aktuellen Eisrand entfernt. Die Bedingungen an der Fundstelle lassen noch keinen Baumwuchs zu. Um 2220 yBP stiess der Grosse Aletschgletscher vor und überfuhr die Bäume. Wie weit er sich daraufhin weiter ausdehnte, lässt sich nicht feststellen, weil keine fossilen Baumreste mit ähnlichem Alter in höherer Lage am Hang gefunden wurden. Das Anwachsen des Gletschers fällt an das Ende der von ZOLLER et al. (1966) pollenanalytisch nachgewiesenen «Göschener Kaltphase I».

Der Zeitraum von 2000-1500 yBP

Holzfunde am Grossen Aletschgletscher, die Gletschervorstösse in dieser Zeitspanne belegen, sind von HAEFELI schon im Jahre 1961

gemacht und datiert worden (RADIOCARBON, 1963). Ihr Alter liegt um 1800 yBP. Ähnliche Funde stellen diejenigen von ROETHLISBERGER H. (1978) dar.

Im Laufe meiner Feldarbeiten wurden mehrere Baumstämme und vereinzelt Wurzelstöcke von Lärchen gefunden, die ein Radiokarbonalter (hier = Absterbealter) zwischen 1750 yBP und 1500 yBP aufweisen. Es bereitet Mühe, die Daten zu gruppieren und sie einzelnen Vorstössen zuzuordnen. Ereignete sich der Gletschervorstoss um 1750 yBP oder eher um 1500 yBP? Sind gar zwei Gletschervorstösse anzunehmen? Eine Antwort auf die Fragen lieferten dendrochronologische Untersuchungen an einigen dieser Baumstämme. Aufgrund ihres ähnlichen Jahrringbildes können sieben Baumkurven einwandfrei miteinander zur Deckung gebracht (synchronisiert) werden. Neben eigenen Funden befinden sich darunter auch fossile Lärchen, die ROETHLISBERGER H. (1978) und ROETHLISBERGER F. et al. (1980) datiert haben. Wie sich herausstellte, starben die Bäume innerhalb von etwa 50 Jahren (Abb. 5). Sie wurden folglich bei ein und demselben Gletschervorstoss vom Eis überfahren. Dieser ereignete sich um 1500 yBP.

Die älteste Lärche - bezüglich Baumalter - weist 382 Jahrringe auf und ist in situ. Sie befindet sich am linken Gletscherufer an einer Stelle, die 1926/27 noch mit Eis bedeckt war. Daraus kann geschlossen werden, dass zwischen 1900 yBP und 1500 yBP (dem Zeitpunkt des Vorstosses), der Grosse Aletschgletscher dauernd kleiner gewesen war als 1926/27. Wie Überreste von Lärchen, die in unmittelbarer Nähe der heutigen Gletscherzunge gefunden wurden und noch an Ort und Stelle verankert sind, belegen, ist vor 1500 yBP eine Gletscherausbildung zu postulieren, die sogar kleiner war als diejenige von 1978. Die fossilen Wurzeln und Stammstücke kamen erst vor fünf Jahren mit dem Abschmelzen des Gletschers zum Vorschein. Die ^{14}C -Daten zweier Proben betragen 1480 yBP und 1550 yBP.

In Abb. 5 sind die Einzelkurven der dendrochronologisch analysierten Bäume (Jahrringbreite und Spätholzdichte) zu Mittelkurven zusammengefasst. Deutlich erkennt man drei Phasen (Aletsch 1 - Aletsch 3) mit tiefen Werten (schwarz); sie zeigen unterdurchschnittliche Klimaverhältnisse (Klimaverschlechterungen) an. Interessant ist die Feststellung, dass der Grosse Aletschgletscher erst nach der dritten Klimaverschlechterung (Aletsch 3) über die heutige Grössenordnung hinaus vorstieß und mindestens eine Ausdehnung wie um 1926/27 erreichte. Auch der Vorstoss um 1500 yBP kann mit einer

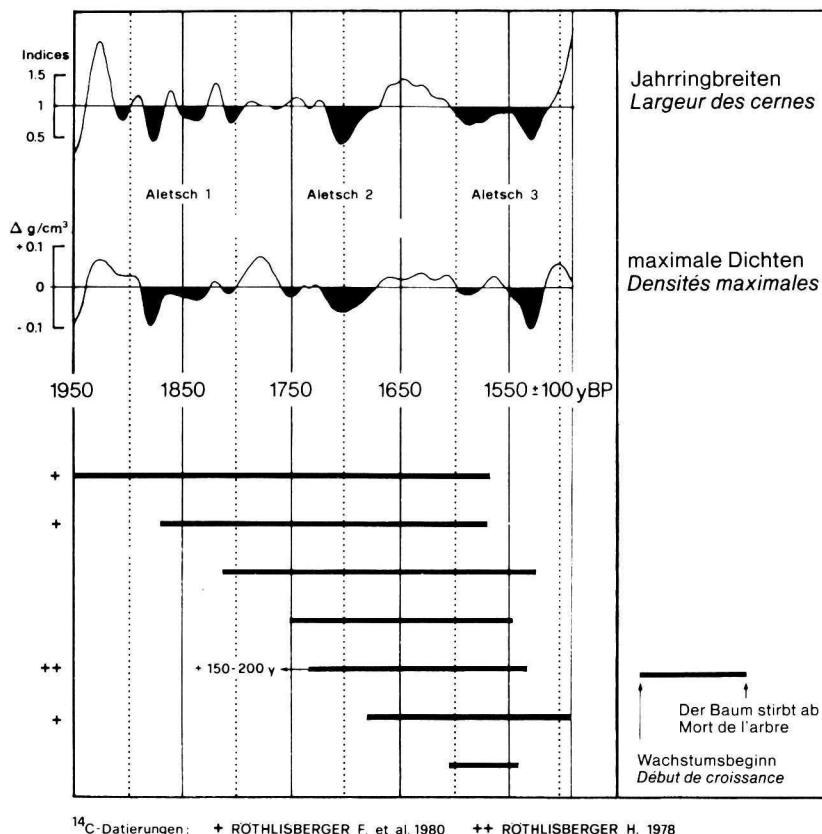


Abb. 5. Schwankungen der maximalen Dichten von Nadelhölzern aus dem Vorfeld des Grossen Aletschgletschers im Zeitraum 1950-1490 yBP (Low Pass Filter, 31 gewichtete Glieder).

Fluctuations des densités maximales des bois de conifères provenant du front du Grand Glacier d'Aletsch, pendant la période de 1920 à 1490 yBP.

pollenanalytisch nachgewiesenen Kaltphase in Verbindung gebracht werden, die als «Göschener Kaltphase II» bezeichnet wird (ZOLLER et al. 1966; ZOLLER, 1977).

Mittelalterliche Gletschervorstösse

Innerhalb des Mittelalters (von ca. 500-1500 n. Chr.) sind vier Vorstösse des Grossen Aletschgletschers belegt. Nach dem Vorrücken um 1500 yBP (etwa 450 n. Chr.) schmolz der Eisstrom etwas ab und

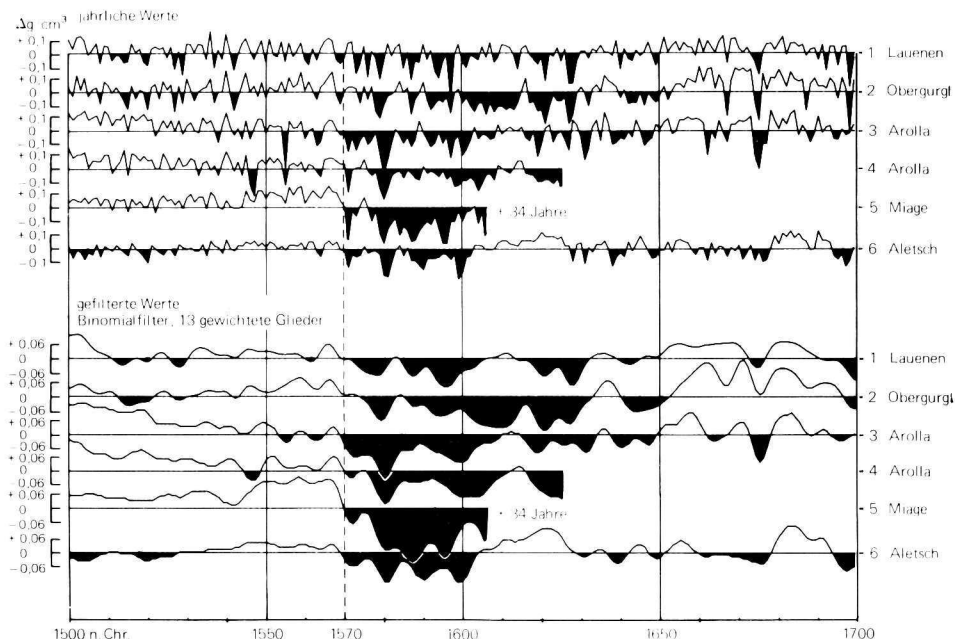


Abb. 6. Schwankungen der maximalen Dichten von 1500-1700 n. Chr. im Alpenraum.

Fluctuations de la densité maximale de bois alpins, de 1500 à 1700 après J.-C. Moyenne annuelle en haut, valeurs calculées en bas.

Kurve 1: Mittelkurve Lauenen (Berner Oberland), 1500 m ü.M.; Absolute Chronologie (Fichte), Belegungsdichte: 10-25fach; SCHWEINGRUBER et al. 1979. Kurve 2: Mittelkurve Obergurgl (Tirol), subalpine Lage: Absolute Chronologie (Fichte), Belegungsdichte: 10-20fach; LAMPRECHT 1978. Kurve 3: Einzelkurve (Lärche), Gletschervorfeld des Arollagletschers (VS) 2030 m ü.M.; Bergung und densitometrische Analyse; F. RÖTHLISBERGER. Kurve 4: Einzelkurve (Lärche), Gletschervorfeld des Arollagletschers (VS) 2030 m ü.M.; Bergung und densitometrische Analyse; F. RÖTHLISBERGER. Kurve 5: Einzelkurve (Lärche), Gletschervorfeld des Glacier de Miage (Südseite des Mont Blanc-Massivs) 1830 m ü.M.; Bergung des Holzes; H. AESCHLI-MANN (Diss. in Vorb.); Densitometrische Analyse; F. RENNER. Kurve 6: Einzelkurve (Lärche), Gletschervorfeld des Grossen Aletschgletschers (VS) 1740 m ü.M.; Bergung des Holzes; H. HOLZHAUSER (Diss. in Vorb.); Densitometrische Analyse; F. RENNER.

war danach während mindestens 90 Jahren kleiner als um 1960. Dies geht aus einem Arvenfund (Anzahl Jahrringe: 90) in der Nähe des heutigen Eisrandes, westlich von «uf de Sätzu», hervor. Der Baum wurde vor 1330 Jahren vom Eis erfasst und umgedrückt. Der Gletscher stiess darauf weiter vor und erreichte mindestens eine Ausdehnung wie um 1900.

Nach einer erneuten Abschmelzphase siedelten sich im Gletschervorfeld wieder Lärchen an. Zwischen 1250 yBP und 1200 yBP war der Gletscher kleiner als heute. An derselben Stelle nämlich, wo die Lärchenwurzeln mit den ^{14}C -Altern von 1480 yBP und 1550 yBP gefunden wurden, lag ein Lärchenstamm (Baumalter 51 Jahre); sein Absterbealter beträgt 1190 yBP, das heisst er starb um 760 n. Chr. Der Grosse Aletschgletscher überschritt folglich um 760 n. Chr. die Ausdehnung von 1978 und schwoll mächtig an. Zwei weitere Holzfunde mit vergleichbaren Radiokarbonaltern beweisen, dass der Gletscher darauf mindestens eine Ausdehnung wie um 1890 erreichte.

Die dem Vorstoss folgende Abschmelzphase dauerte rund 150 Jahre an. Die Gletscheroberfläche sank bis auf ein Niveau ab, das der Ausdehnung von etwa 1970 entspricht. In das Gletschervorfeld wanderten allmählich wieder Pflanzen ein. Sogar Arven, die sich allgemein erst viel später als die Lärchen ansiedeln, fassten Fuss. Am linken Gletscherufer, an einer um 1926/27 noch eisbedeckten Stelle, witterte ein fossiler Arvenstrunk aus dem Moränenschutt heraus (Abb. 4). Der ehemalige Waldboden wurde dabei ebenfalls sichtbar. Sowohl die äussersten Jahrringe des Stammes (Absterbealter) als auch der fossile Boden ergaben bei der ^{14}C -Analyse ein Alter von rund 800 yBP. Mit Hilfe der Dendrochronologie gelang es, den Wachstumszeitraum der Arve jahrgenau zu ermitteln: Er liegt zwischen 973-1096 n. Chr. Der Eisrand lag demzufolge um 1100 genau bei der Holzfundstelle; der Grosse Aletschgletscher wies eine Ausdehnung wie in den Jahren 1926/27 auf. Der Vorstoss in jener Zeit kann durch weitere Holzfunde, deren ^{14}C -Alter zwischen 900 yBP und 750 yBP liegen, belegt werden. Es handelt sich dabei um den Vorstoss, den schon OESCHGER und ROETHLISBERGER H. (1961) nachwiesen.

Der Gletscher dehnte sich anschliessend nicht mehr wesentlich weiter aus. Im Jahre 1184 war er wieder soweit abgesunken, dass nicht weit von der heutigen Gletscherzunge entfernt Lärchen aufkamen. Ein fossiler Lärchenstrunk, der 1957 noch knapp am Eisrand lag, konnte absolut datiert werden. Die Lärche lebte von 1184 bis 1296. Der darauffolgende Gletschervorstoss um 1300 drückte den Stamm ab und überfuhr den Strunk. Wie anhand weiterer fossiler Hölzer mit ^{14}C -Altern von 600 yBP gezeigt werden kann, stiess der Gletscher über das Niveau von 1957 hinaus vor und erreichte gegen 1350 eine Ausdehnung wie um 1850, das heisst einen Hochstand.

Neuzeitliche Gletschervorstösse

Nach dem mittelalterlichen Hochstand um 1350 begann der Grosse Aletschgletscher wiederum abzuschmelzen. Mit Hilfe dendrochronologisch absolut datierter fossiler Bäume aus dem Gletschervorfeld lässt sich folgendes über das Gletscherverhalten während des 15. und des 16. Jahrhunderts aussagen (vgl. dazu Abb. 7):

Kurz nach 1400 lag der Eisrand tiefer als um 1850. Um 1412 beginnt im Bereich der Hochstandsmoränen eine Arve zu wachsen. Zwischen 1412 und 1455 ist die Gletscheroberfläche sogar unter das Niveau der Ausdehnung von 1920 abgesunken. Im Vorfeld beginnt nämlich im Jahre 1455 auf diesem Niveau eine Lärche mit dem Wachstum, das bis 1588 andauerte. Demzufolge war der Grosse Aletschgletscher zwischen 1455 und 1588 kleiner als um 1920 (vgl. Abb. 7).

Aufgrund von Alprechtsverträgen betreffend die Alpen «Tälli», «Driest», «Ze Bächu» und «Olmen» muss angenommen werden, dass während dieses Zeitraumes (von etwa 1400-1588) die Ausdehnung von 1935/40 aber nicht unterschritten wurde: Von Beginn des 15.

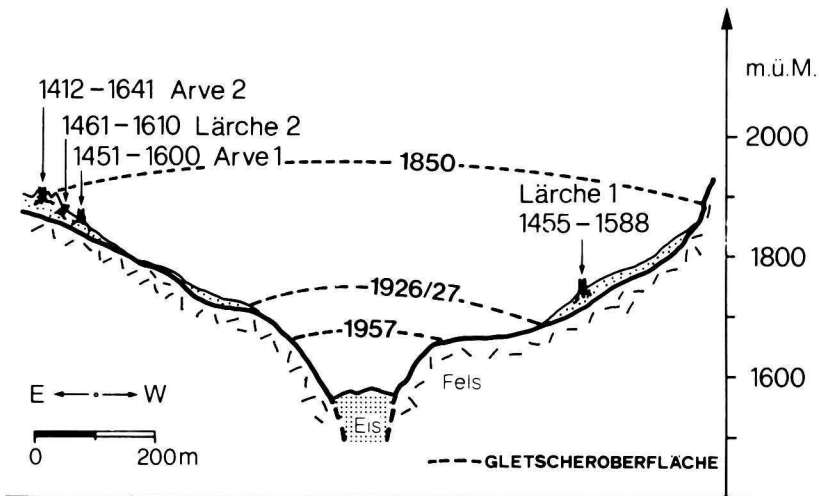


Abb. 7. Schematisches Profil im Bereich der Zunge des Grossen Aletschgletschers. Eingetragen sind Lage und absolutes Alter von fossilen Bäumen.

Coupe schématique à travers la vallée, dans le voisinage du front du Grand Glacier d'Aletsch. Les emplacements et les âges absolus des arbres fossiles y sont indiqués.

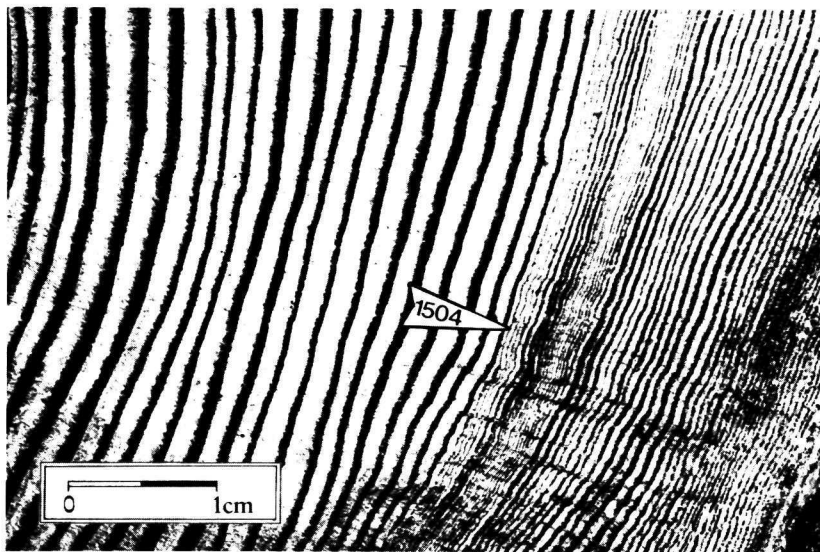


Abb. 8. Jahringbild von Lärche 1. Die plötzlich einsetzende Verengung der Jahrringe im Jahre 1504 ist auf einen Vorstoss des Grossen Aletschgletschers zurückzuführen.

Les cernes annuels du mélèze n° 1. Le rétrécissement soudain des cernes en l'an 1504 est attribué à une avancée du Grand Glacier d'Aletsch.

Jahrhunderts an belegen schriftliche Dokumente eine Nutzung der erwähnten Alpen mit Kühen und Rindern. Um auf diese Alpweiden zu gelangen, musste der Grosse Aletschgletscher im unteren Abschnitt der Oberaletsch-Schlucht überschritten werden. Das letzte Mal war dies in den Jahren um 1935 der Fall, als man noch Rinder vom «Aletschi» auf diesem Weg ins «Tälli» hinüberführte. Infolge des Gletscherschwundes taten sich am Eisrand senkrechte Felswände auf; der Weg konnte nicht mehr beschritten werden.

Um das Jahr 1504 erfolgte ein kleiner Gletschervorstoss; das Eis näherte sich der Lärche 1 (Abb. 7). Dadurch wurden die lokalklimatischen Verhältnisse verändert. Die Lärche reagierte auf die neuen Umweltbedingungen mit einer Verringerung der Holzproduktion; die Jahrringbreiten fielen in den darauffolgenden 84 Jahren dementsprechend gering aus (Abb. 8). Der Grosse Aletschgletscher blieb nach 1504 mehr oder weniger stationär, denn die Lärche setzte bis in das Jahr 1588 enge Jahrringe an. Erst zu diesem Zeitpunkt stiess der Gletscher über den Lärchenstandort hinaus vor und drückte den Baum um.

Eng verknüpft mit dem Gletscherverhalten zur damaligen Zeit war die Existenz eines Bewässerungssystems, bestehend aus drei parallel zueinander verlaufenden Wasserleitungen, genannt die «Oberriederli». Gletschergeschichtlich von Interesse sind nur die oberste Leitung (A) und die unterste Leitung (C). Ihre Spuren in Form von Mauerresten und ausgehauenen Löchern in Felswänden lassen sich von den Hochstandsmoränen bis nach Oberried (oberhalb Ried-Mörel) verfolgen. Verschiedene Landerwerbsurkunden aus Oberried lassen den Schluss zu, dass Leitung A, die beim «Silbersand» durchführt, schon seit 1382 in Betrieb war. Auch in den folgenden Jahren 1404, 1408 und 1483 ist die Rede von dieser Wasserleitung. Der kleine Vorstoss um 1504 setzte die Fassung – ihre genaue Lage im Gletschervorfeld kann nicht mehr rekonstruiert werden – ausser Betrieb. Eine neue «Schöpfe» (so nennt man im Wallis die Wasserfassung) musste weiter talabwärts gebaut werden. Dies hatte zur Folge, dass ein langes Teilstück von Leitung A aufgegeben werden musste. An dessen Stelle trat ein neuer Leitungsabschnitt (Leitung C). Die neu gebaute Leitung führte das Wasser um die «Stockflüe» herum und in das alte Trasse von Leitung A am Westabhang des Riederhorns (Abb. 9). Das Baujahr dieser Wasserleitung liegt zwischen 1505 und 1509, wie aus dendrochronologischen Untersuchungen an zwei Holzbalken hervorgeht. Der Grosse Aletschgletscher war in dieser Zeit nicht grösser als um 1926/27. Das Wasser wurde vermutlich seitlich am Gletscher gefasst. Da sich der Gletscher während den folgenden Jahrzehnten kaum wesentlich veränderte (enge Jahrringe an der Lärche 1 bis 1588!), konnte bis in die zweite Hälfte des 16. Jahrhunderts Gletscherwasser nach Oberried geleitet werden. Durch den Vorstoss des Grossen Aletschgletschers gegen Ende des 16. Jahrhunderts wurde auch diese Fassung zerstört. Ab 1582 wird in den Dokumenten von Oberried keine Wasserleitung mehr erwähnt; Leitung C war zu diesem Zeitpunkt ausser Betrieb. Wenige Jahre später erreichte der Grosse Aletschgletscher Lärche 1 und drückte sie um.

Im ausgehenden 16. Jahrhundert stiessen die Alpengletscher allgemein kräftig vor. Die Eisströme drangen mancherorts zerstörerisch ins Kulturland ein; schriftliche Aufzeichnungen berichten davon. Die Klimaverschlechterung, die ein solches Anwachsen der Gletscher bewirkte, erstreckte sich über mehrere Jahrzehnte hinweg und lässt sich im Kurvenverlauf der Spätholzdichte von Bäumen aus jener Zeit gut verfolgen (Abb. 6). Im gesamten Alpenraum reagierten Nadelhölzer ab dem Jahr 1570 mit einer deutlichen Verminderung

der Spätholzproduktion. Tiefe Spätholzdichtewerte sind teilweise bis ins Jahr 1650 festzustellen.

Einige Gletscher erreichten schon um 1600 einen Hochstand (zum Beispiel der Untere Grindelwaldgletscher; ZUMBUEHL, 1980), andere erst gegen 1650 wie der Grosse Aletschgletscher. Sein Anwachsen von 1588 an, als Lärche 1 vom Eis erfasst wurde, bis zum Hochstand um 1650 lässt sich gut verfolgen:

Im Jahre 1600 wird Arve 1 (Abb. 7) vom Eis erreicht und überfahren; die Ausdehnung des Grossen Aletschgletschers entspricht derjenigen von 1880. Um 1610 stiess der Gletscher weiter vor und nahm um 1641 hochstandsähnliche Ausmasse an. Belegt ist dieses Vorrücken durch zwei fossile, absolut datierte Bäume (Lärche 2, Arve 2; vgl. Abb. 7). Das mächtige Vordringen der Eismasse zu jener Zeit veranlasste die aufgeschreckten Talbewohner zur Durchführung einer Prozession. Sie fand im Jahre 1653 statt und führte von Naters zum «Gibidum», wo damals die Gletscherzunge lag. Zu diesem Zeitpunkt war der Grosse Aletschgletscher stellenweise etwas grösser als um 1850. Auf die um 1570 einsetzende Klimaverschlechterung reagierte er mit etwa 18 Jahren Verzögerung. Insgesamt benötigte der Grosse Aletschgletscher rund 70 Jahre, um von einer Ausdehnung wie um 1920 zu einem Hochstand anzuwachsen.

Der Hochstand dauerte wahrscheinlich nicht lange über das Jahr 1653 hinaus an; die Gletscheroberfläche sank wieder etwas ab. Das Verhalten des Grossen Aletschgletschers im darauffolgenden 18. Jahrhundert lässt sich nur lückenhaft rekonstruieren. Verschiedene Hinweise deuten aber darauf hin, dass der Gletscher nach 1653 über längere Zeit hinweg bis zu Beginn des 19. Jahrhunderts eine Ausdehnung wie um 1900 aufwies. Als erstes ist ein alter Plan zu erwähnen, der aus den Jahren 1755/1756 datiert (Abb. 9). Auf ihm ist der Westabhang des Riederhorns bis hin zur Massa festgehalten. Ferner ist darauf, am linken Rand, die Zunge des Grossen Aletschgletschers eingezeichnet. Ihre Lage entspricht derjenigen um 1900 (HOLZHAUSER, 1980).

Nahe der Hochstandsmoränen von 1850 im «Aletschi» befinden sich heute zwei Hütten, von denen die eine 1749, die andere 1793 gebaut wurde. Offensichtlich drohte zu diesen Zeitpunkten keine akute Gletschergefahr, sonst hätte man vom Bau dieser Gebäude abgesehen. Ursprünglich befanden sich an dieser Stelle vier Hütten, wie eine Zeichnung aus dem Jahre 1849 zeigt (Abb. 10). Es ist anzunehmen, dass auch die anderen beiden, von denen heute nur noch die

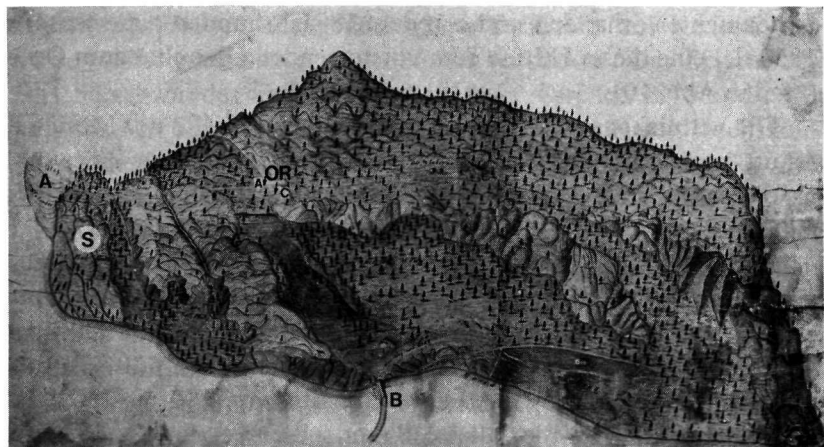


Abb. 9. Der alte Plan aus dem Kantonsarchiv Sitten, entstanden in den Jahren 1755/56. A: Zunge des Grossen Aletschgletschers; B: Gibidum-Brücke; S: Stockflüe; OR: Wasserleitung «Oberriederi», Leitung A und Leitung C.

Cet ancien plan déposé aux Archives cantonales à Sion a été dressé dans les années 1755-1756. A: Langue du Grand Glacier d'Aletsch; B: pont de Gibidum; S: Stockflüe; OR: bisse de Oberriederi, tracé A et tracé C.

(Photo: J.-M. Biner, Staatsarchiv des Kantons Wallis, Sitten).

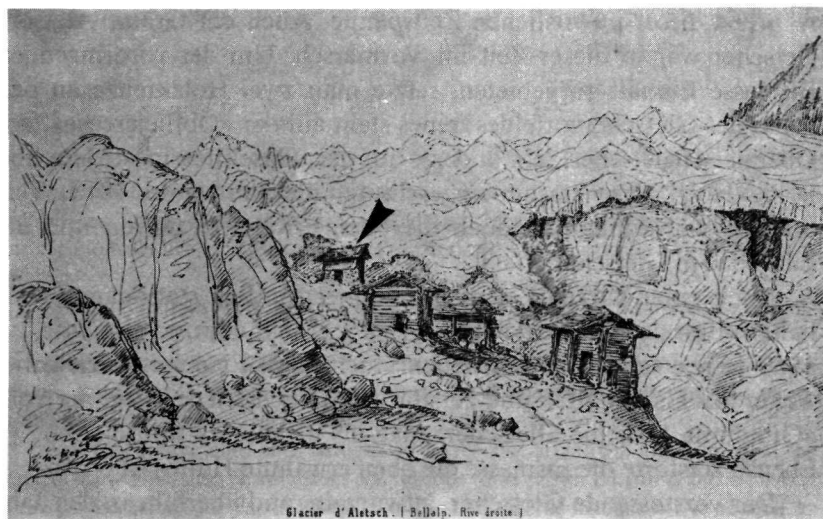


Abb. 10. Hütten in der Nähe des Grossen Aletschgletschers im «Aletschi». Der Pfeil weist auf die Hütte hin, die vom Eis um 1850 weggedrückt wurde.

Mayens à «Aletschi», dans le voisinage du Grand Glacier d'Aletsch. La flèche indique celui qui a été déformé par la glace vers 1850.

Zeichnung von H. Hogard aus dem Jahre 1849. (aus: H. HOGARD, 1858).

Fundamente vorhanden sind, aus dem 18. Jahrhundert datierten. Um 1850 fiel eine dieser Hütten dem vorstossenden Gletscher zum Opfer (Pfeil in Abb. 10).

Die verbliebenen Mauerreste sind heute zur Hälfte mit Moränenschutt zugedeckt. Der Gletscher hatte folgedessen zum Zeitpunkt, als dieses Gebäude gebaut wurde, niemals die Ausdehnung von 1850 aufgewiesen.

Im Bereich des Gletschervorfeldes, das um 1890 noch eisbedeckt war, wurden drei fossile Bäume in situ gefunden, zwei Arven und eine Lärche. Laut ^{14}C -Analyse hat sie der Gletscher um 1800 überfahren (die Radiokarbonalter bewegen sich zwischen 130 yBP und 170 yBP). Die Bäume weisen ein Baumalter von 100 bis 130 Jahre auf. Nehmen wir an, der älteste Baum sei zu Beginn des 19. Jahrhunderts vom Gletscher umgedrückt worden, so muss er gegen Ende des 17. Jahrhunderts mit dem Wachstum begonnen haben. Der Grosse Aletschgletscher erreichte folglich während mindestens 130 Jahren die Ausdehnung von zirka 1890 nie.

Um das Jahr 1820 stiessen die Alpengletscher erneut vor, als Reaktion auf die äusserst nassen und kühlen Jahre von 1812 bis 1817 (PFISTER, 1980, 1981). Manche Chronik berichtet von Hungersnöten während dieser unwirtlichen Zeitspanne. Auch der Grosse Aletschgletscher war in dieser Zeit im Vormarsch. Um der vordringenden Eismasse Einhalt zu gebieten, setzte man zwei Holzkreuze an den Rand des Gletschervorfeldes; eines steht auf der «Obfliejeregg» (am Oberaletschgletscher), ein anderes auf der «Baselflie» im «Aletschi». Beide Holzkreuze tragen eingeschnitzt die Jahreszahl 1818. Vermutlich wurden damals auch die oben erwähnten Arven und die Lärche vom Gletscher erfasst.

Nach einer kurzen Zeitspanne mit vermutlich stationärem Verhalten stiess der Grosse Aletschgletscher erneut vor und erreichte um 1850 seinen letzten neuzeitlichen Hochstand. Er dehnte sich dabei weiter aus als um 1820 und zerstörte den alten Aletschweg, der vom «Gibidum» über die Gletscherzunge ins «Aletschi» führte (Abb. 3). Ebenso zerstörte die Eismasse die oben erwähnte Hütte (Abb. 10).

Der vorstossende Gletscher entwurzelte und überfuhr in den Jahren um 1850 eine grosse Anzahl Bäume im Bereich der Massa beim «Gibidum». Um das Holz vor dem Zugriff des Gletschers zu retten, fällte man die Bäume in der Nähe des Eisrandes und flösste sie die Massa hinunter nach Naters. Darüber berichten Akten aus den Jahren 1851 bis 1863, die im Kantonsarchiv Sitten aufbewahrt sind (s.

auch MEYER, 1955). Zeitgenössischen Berichten zufolge war der Grosse Aletschgletscher noch 1856 im Vorrücken. Der Beginn des Gletscherschwundes wird von FOREL (1889) zwischen 1870 und 1873 angesetzt. Mit dem Schwinden des Eises nach dem letzten Hochstand wurde eine Zeit allgemein grosser Gletscherausdehnung beendet. Die lange Rückschmelzphase, die heute noch andauert, wurde nur von einem kurzen Vorstoss zwischen 1888 und 1891 unterbrochen (LUETSCHG, 1915). Seit Beginn der jährlichen Gletschervermessung im Jahre 1892 hat die Gletscherzunge immer an Länge eingebüsst. Innerhalb des Gletschervorfeldes – beidseitig des Gletschers – sind ausser den Moränenwällen von zirka 1890 kleinere Wälle über weite Strecken verfolgbar. Diese können mit kurzen Vorstössen um 1920 in Verbindung gebracht werden, bei denen sich der Gletscher nur seitlich ausdehnte.

Seit zirka 1280 lag die Gletscherzunge nie mehr so weit zurück wie heute. Im Falle des Grossen Aletschgletschers können die letzten rund 700 Jahre als eine zusammenhängende Phase grösserer Gletscherausdehnung als heute betrachtet werden mit Hochständen um 1350, 1650, 1820 und um 1850 (s. Abb. 11). Die «Kleine Eiszeit» umfasst hier, bezüglich der heutigen Gletscherausdehnung, die gesamten 700 Jahre.

Abstract

Within the scope of research for a doctoral thesis carried out under the supervision of Professor Dr. G. Furrer at the Departement of Geography, University of Zurich, it was tried to trace back the fluctuations of the Grosser Aletschgletscher (Valais) as far as possible.

Different methods were applied such as the evaluation of historical documents (drawings, paintings, engravings, photographs, scripts and books of travels) and of anthropological traces near the glacier (ancient ways, aqueducts which are now not used any more) and the dating of fossile woods from the «Gletschervorfeld» using the radio-carbon method and dendrochronology.

Trees which have once been overridden by the glacier and are found today at the place of growth (in situ) permit exact conclusions to be drawn regarding the extension of the glacier before the glacial advance in question. In this manner it was possible to show the proof of three phases within the last 2500 years during which the Grosser Aletschgletscher was smaller than today. It could be shown further with the help of dendrochronological dating glacial advances at 1100 A.D., at 1300 A.D., at 1504 A.D. and at 1588 A.D.

In modern times (since 1500 A.D.) the Grosser Aletschgletscher reached maximal extents about 1650 A.D., about 1820 A.D. and about 1850 A.D.

Based on the statements on the Grosser Aletschgletscher, the beginning of the so-called «Little Ice Age» has to be put in the second half of the 13th century before the maximal glacial extent of the Middle Age about 1350 A.D. Between 1180 and 1280 the Grosser Aletschgletscher showed an extension which is comparable to the todays. In the following 650 years the surface of the glacier never sank below the level of 1935/40.

Zusammenfassung

Im Rahmen einer Dissertation, ausgeführt unter der Leitung von Professor Dr. G. Furrer am Geographischen Institut der Universität Zürich, wurde versucht, die Schwankungen des Grossen Aletschgletschers soweit wie möglich zurück aufzuzeichnen.

Zur Anwendung gelangten verschiedene Methoden wie das Auswerten historischer Bild- und Schriftquellen, geländearchäologischer Spuren (alte Wege, aufgelassene Wasserleitungen) sowie das Datieren fossiler Bäume aus dem Gletschervorfeld mit Hilfe der Radiokarbonmethode und der Dendrochronologie.

Vom Gletscher einst überfahrene Bäume, die heute im Gletschervorfeld am Wuchsort (*in situ*) vorgefunden werden, erlauben genaue Rückschlüsse bezüglich der Gletscherausbildung vor dem betreffenden Gletschervorstoss. Auf diese Art und Weise gelang der Nachweis von drei Phasen innerhalb der letzten 2500 Jahre, während denen der Grosse Aletschgletscher kleiner war als heute. Ferner konnten mit Hilfe dendrochronologischer Datierungen je ein Gletschervorstoss um 1100, um 1300, um 1504 und um 1588 ermittelt werden.

Während der Neuzeit (ab 1500 n. Chr.) sind beim Grossen Aletschgletscher Hochstände um 1650, um 1820 und um 1850 belegt.

Der Beginn der sogenannten «Kleinen Eiszeit» ist aufgrund der Befunde am Grossen Aletschgletscher in die zweite Hälfte des 13. Jahrhunderts – vor den mittelalterlichen Hochstand um 1350 – zu stellen. Eine der heutigen vergleichbare Ausdehnung wies der Grosse Aletschgletscher im Zeitraum von 1180 bis zirka 1280 auf. In den darauffolgenden rund 650 Jahren sank die Gletscheroberfläche nie mehr tiefer als um 1935/40.

Literaturverzeichnis

- DOLLFUS-AUSSET, D. 1863-1872. *Matériaux pour l'étude des glaciers, avec Atlas*. 8 Bde mit 13 Teilen. Paris/Strassbourg.
- FOREL, F.A. *Variations périodiques des glaciers des Alpes suisses*. Rapport 10 (1888/89), Rapport 23 (1901/02): Jb. des S.A.C. Bern.
- HOGARD, H. 1858. *Recherches sur les glaciers et sur les formations erratiques des Alpes de la Suisse*. Planches. Paris.
- HOLZHAUSER, H. 1980. *Beitrag zur Geschichte des Grossen Aletschgletschers*. Geographica Helvetica, Nr. 2. Zürich.
- (im Druck). *Zur Geschichte der Aletschgletscher und des Fieschergletschers*. Diss. Univ. Zürich.

- LE ROY LADURIE, E. 1967. *Histoire du climat depuis l'an mil*. Nouvelle Bibliothèque Scientifique, Flammarion, Paris.
- LIBBY, W.F. 1969. *Altersbestimmung mit der C¹⁴-Methode*. Hochschultaschenbücher 403/403*. Bibliographisches Institut AG, Mannheim.
- LUEDI, W. 1945. *Besiedlung und Vegetationsentwicklung auf den jungen Seitenmoränen des Grossen Aletschgletschers*. Sonderdruck aus: E. Rübel und W. Lüdi, Bericht über das Geobotanische Forschungsinstitut Rübel in Zürich für das Jahr 1944. Zürich.
- LUETSCHG, O. 1915. *Der Märljensee und seine Abflussverhältnisse. Eine hydrologische Studie unter Mitberücksichtigung hydrographischer Erscheinungen in anderen Flussgebieten*. Annalen der Schweiz. Landeshydrographie, Bd. 1. Zürich.
- MERCANTON, P.L. 1916. *Vermessungen am Rhonegletscher, 1874-1915*. Neue Denkschr. Schweiz. natf. Ges. (SNG), Bd. 52. Basel/Genf/Lyon.
- MEYER, K.A. 1955. *Frühere Verbreitung der Holzarten und einstige Waldgrenze im Kanton Wallis. IV. Oberwallis*. Mitt. der schweiz. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, XXXI. Bd., H. 3. Zürich.
- OESCHGER, H. und H. ROETHLISBERGER. 1961. *Datierung eines ehemaligen Standes des Aletschgletschers durch Radioaktivitätsmessungen an Holzproben und Bemerkungen zu Holzfunden an weiteren Gletschern*. Z. Gletscherkd. Glazialgeol., Bd. 4, H. 3, Innsbruck.
- PFISTER, CH. 1980. *Klimaschwankungen und Witterungsverläufe im schweizerischen Alpenraum und Alpenvorland zur Zeit des «Little Ice Age»*. Die Aussage der historischen Quellen. In: *Das Klima*, Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg/New York.
- PFISTER, CH. 1981. *Die Fluktuationen der Weinmosterträge im schweizerischen Weinland vom 16. bis ins frühe 19. Jahrhundert*. Klimatische Ursachen und sozio-ökonomische Bedeutung. Schweiz. Z. Geschichte, Bd. 31. Basel.
- RADIOCARBON, 1963. Vol. 5, Yale University, New Haven, Connecticut.
- RICHARD, J.L. 1968. *Les groupements végétaux de la réserve d'Aletsch*. Beitr. Geobot. Landesaufn. Schweiz 51. Bern.
- 1975. *Dynamique de la végétation au bord du grand glacier d'Aletsch (Alpes Suisses)*. Sonderdruck aus Berichte der Internationalen Symposien der Internationalen Vereinigung für Vegetationskunde, Herausgegeben von Rheinhold Tüxen. Sukkzessionsforschung, S. 189-209. Vaduz.
- ROETHLISBERGER, F. 1976. *Gletscher- und Klimaschwankungen im Raum Zermatt, Ferpècle und Arolla*. Die Alpen, 52. Jg., Nr. 3/4, Bern.
- ROETHLISBERGER, F., PH. HAAS, H. HOLZHAUSER, W. KELLER, W. BIRCHER und F. RENNER. 1980. *Holocene Climatic Fluctuations – Radiocarbon Dating of Soils (fAh) and Woods from Moraines and Glaciers in the Alps*. In MUELLER, F., L. BRIDEL and E. SCHWABE: *Geography in Switzerland*. Geographica Helvetica, H. 5. Bern und Zürich.
- ROETHLISBERGER, H. 1978. in: *Glaziologische Exkursion ins Aletschgebiet, 8. Oktober 1978*. Exkursionsbeilage zur 158. Jahresversammlung der SNG in Brig vom 5.-8. Oktober 1978.
- SCHWEINGRUBER, F.H. 1983. *Der Jahrring. Standort, Methodik, Zeit und Klima in der Dendrochronologie*. Verlag Paul Haupt Bern und Stuttgart.
- ZOLLER, H., C. SCHINDLER und H. ROETHLISBERGER. 1966. *Postglaziale Gletscherstände und Klimaschwankungen im Gotthardmassiv und Vorderrheingebiet*. Verh. natf. Ges. Basel, 77, H. 2.

- ZOLLER, H. 1977. *Alter und Ausmass postglazialer Klimaschwankungen in den Schweizer Alpen*. In: FRENZEL B.: *Dendrochronologie und postglaziale Klimaschwankungen in Europa*; Erdwissenschaftliche Forschung. Franz Steiner Verlag, Wiesbaden.
- ZUMBUEHL, H.J. 1980. *Die Schwankungen der Grindelwaldgletscher in den historischen Bild- und Schriftquellen des 12.-19. Jahrhunderts*. Denkschr. der Schweiz. natf. Ges., Bd. 92, Birkhäuser Verlag, Basel/Boston/Stuttgart.